

UNIVERSIDAD MILITAR

NUEVA GRANADA



**ESTANDARIZACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA OPTIMIZAR LA
EFECTIVIDAD DEL BIOCONTROLADOR *Encarsia formosa* Gahan
(HYMENOPTERA: APHELINIDAE) EN CULTIVOS COMERCIALES DE TOMATE**

LAURA YASMITH MUÑOZ SOLER

TESIS DE MAESTRÍA

DIRECTOR:

DANIEL RODRÍGUEZ CAICEDO c Ph.D

CO-DIRECTOR:

FERNANDO CANTOR Ph.D

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN BIOLOGÍA APLICADA

BOGOTÁ D.C.

2011

**ESTANDARIZACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA OPTIMIZAR LA EFECTIVIDAD
DEL BIOCONTROLADOR *Encarsia formosa* Gahan (HYMENOPTERA: APHELINIDAE)
EN CULTIVOS COMERCIALES DE TOMATE**

LAURA YASMITH MUÑOZ SOLER

DIRECTOR:

DANIEL RODRÍGUEZ CAICEDO c Ph.D

CO-DIRECTOR:

FERNANDO CANTOR Ph.D

TESIS DE MAESTRÍA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN BIOLOGÍA APLICADA

BOGOTÁ D.C.

2011

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS:	3
2.1. OBJETIVO GENERAL:.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
3. Revisión de literatura	4
3.1. EL CULTIVO DE TOMATE <i>Solanum lycopersicum</i> L. EN COLOMBIA.....	4
3.2. PLAGAS DEL TOMATE	5
3.2.1 LA MOSCA BLANCA DE LOS INVERNADEROS <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	5
3.2.1.1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	6
3.2.1.2. CICLO DE VIDA.....	6
3.2.1.3. TIEMPO DE DESARROLLO.....	10
3.2.1.4. DAÑO	11
3.3. MÉTODOS DE CONTROL DE <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	12
3.3.1. CONTROL QUÍMICO.....	12
3.3.2. CONTROL CULTURAL	13
3.3.3. CONTROL BIOLÓGICO	13
3.4. GENERALIDADES DE <i>Encarsia formosa</i>	14
3.4.1. TIEMPO DE DESARROLLO DE <i>Encarsia formosa</i>	16
3.4.2. COMPORTAMIENTO DE <i>Encarsia formosa</i>	16
3.5. CURVA DE DAÑO.....	17
3.6. UMBRALES.....	19
3.6.1. NIVEL DE DAÑO ECONÓMICO	19
3.6.2. UMBRAL ECONÓMICO	20

3.7. ANÁLISIS MARGINAL.....	20
4. METODOLOGÍA.....	22
4.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	22
4.2. MONTAJE EXPERIMENTAL.....	22
4.3. RECOLECCIÓN DE ADULTOS DE <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	23
4.4. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN SEXUAL DE <i>T. vaporariorum</i>	24
4.5. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HUEVOS OVIPOSITADOS POR UNA HEMBRA DE <i>T. vaporariorum</i> DE DOS DÍAS DE EDAD	25
4.6. EVALUACIÓN DE LA CURVA DE DAÑO	25
4.7. EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD OPTIMA DE LIBERACIÓN DE <i>E. formosa</i>	28
4.7.1. DETERMINACIÓN DEL UMBRAL.....	28
4.7.2. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD ÓPTIMA DE LIBERACIÓN DE <i>E.</i> <i>Formosa</i> 29	
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6. CONCLUSIONES.....	44
7. RECOMENDACIONES.....	44
8. REFERENCIAS	45

Lista de Figuras

Figura 1. Huevo de <i>T. vaporariorum</i> en diferentes estados de maduración	6
Figura 2. Disposición de los huevos de mosca blanca sobre la hoja.....	7
Figura 3. Ninfa de <i>T. vaporariorum</i> de primer instar.....	7
Figura 4. Ninfa de <i>T. vaporariorum</i> de segundo instar.	8
Figura 5. Ninfa de <i>T. vaporariorum</i> de tercer instar.....	8
Figura 6. Ninfa de <i>T. vaporariorum</i> de cuarto instar o pupa.	9
Figura 7. Adulto de <i>T. vaporariorum</i>	9
Figura 8. Dimorfismo sexual de adultos de <i>T. vaporariorum</i> . A la izquierda el macho a la derecha la hembra.....	10
Figura 9. Daño por fumagina sobre a) hojas y b) frutos de tomate.....	12
Figura 10. Curva general de daño. Productividad de la planta (Eje Y) vs daño causado sobre la planta por la plaga (Eje X).	18
Figura 11 Análisis económico de los conceptos de Nivel de Daño Económico (NDE) y Umbral Económico (UE). U* representa el umbral que maximizara la ganancia neta (Tomada de Rosset 1991).	21
Figura 12. Jaulas entomológicas utilizadas para el aislamiento de las plantas en campo.....	22
Figura 13. Ubicación de las jaulas en el invernadero.	23
Figura 14. Remoción manual para el control fitosanitario de arvenses.	23
Figura 15. Proceso de recolección de adultos de mosca blanca.....	24
Figura 16. Conteo del número de huevos colocados por hembra.	25
Figura 17. Infestación de las plantas con adultos de <i>T. vaporariorum</i>	26
Figura 18. Plástico impregnado de Pegante para trampas utilizado para retirar la mayor cantidad de adultos de mosca blanca.	27
Figura 19. Clasificación de los frutos de tomate por tamaño	28
Figura 20. Amarillamiento de hojas presentado en plantas de tomate infestadas con mosca blanca.....	32

Figura 21 Producción total en kg/planta en las diferentes densidades de infestación.	33
Figura 22. Daño en hojas por fumagina con a) 0, b) 1000, c) 2000, d) 3000, e) 4000 y f) 5000 ninfas de <i>T. vaporariorum</i> /planta.....	34
Figura 23. Daño en frutos por fumagina con a) 0, b) 1000, c) 2000, d) 3000, e) 4000 y f) 5000 ninfas de <i>T. vaporariorum</i> /planta.....	35
Figura 24. Número total de frutos producidos por clasificación del fruto en cada una de las densidades de infestación con ninfas de <i>T. vaporariorum</i> evaluadas.....	36
Figura 25. Porcentaje del peso total de la producción por clasificación del fruto en cada una de las densidades de infestación con ninfas de <i>T. vaporariorum</i> evaluadas.	37
Figura 26. Precio del tomate larga vida \$/Kg desde enero de 2004 a agosto de 2011.....	38
Figura 27. a) Análisis económico del costo de control (CC) con <i>E. Formosa</i> , costo total de la producción (CTP) y el valor de la producción (VP) en las densidades de 1200 a 2000 ninfas de <i>T. vaporariorum</i> /planta, cuando se presenta un bajo valor comercial. b) Diferencia entre el valor de la producción y el costo de control con <i>E. formosa</i>	40
Figura 28. a) Análisis económico del costo de control (CC) con <i>E. formosa</i> y el valor de la producción (VP) en las densidades de 1200 a 2000 ninfas de <i>T. vaporariorum</i> /planta, cuando se presenta un valor comercial promedio. b) Diferencia entre el valor de la producción y el costo de control con <i>E. formosa</i>	42

Lista de tablas

Tabla 1. Tiempo de desarrollo de <i>T. vaporariorum</i> (Media + error estándar) sobre plantas de zapallito <i>Cucurbita máxima</i> Duchy (Cucurbitales: Cucurbitacea) y tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. (Tubiflorales: Solanacea).....	10
Tabla 2. Tiempo de desarrollo de huevo a adulto (días) de <i>E. formosa</i> en dos subestados ninfales de <i>T. vaporariorum</i> bajo seis regímenes térmicos con 14 h luz y 10 h oscuridad).	16
Tabla 3. Porcentajes de parasitación de <i>E. formosa</i> con diferentes densidades de liberación sobre ninfas de <i>T. vaporariorum</i>	43

ESTANDARIZACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA OPTIMIZAR LA EFECTIVIDAD DEL BIOCONTROLADOR *Encarsia formosa* Gahan (HYMENOPTERA: APHELINIDAE) EN CULTIVOS COMERCIALES DE TOMATE

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) hace parte de las solanáceas con mayor importancia económica en el país (Linares 2004), encontrando en Colombia 16.000 hectáreas de cultivos de tomate (SNE 2007). El comercio de esta hortaliza exige elevados estándares de calidad, siendo el aspecto físico del fruto un factor determinante en la calidad del producto. Sin embargo, su producción se puede ver afectada por diferentes factores entre los que se encuentra el ataque de insectos plaga como: áfidos, trips, larvas de lepidópteros, minadores de hoja y moscas blancas (Lee 2000).

Dentro de las plagas que afectan el cultivo, la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) está catalogada como plaga principal. Puede ocasionar daños tanto directos por extracción de la savia del floema al alimentarse, e indirectos por la secreción de mielecilla, la cual sirve de sustrato al hongo conocido como fumagina, el cual recubre la superficie de las hojas disminuyendo el área fotosintética, afectando el rendimiento del cultivo (Cardona *et al* 2005). En ataques severos se puede presentar fumagina sobre el fruto, causando pérdida de la producción.

El método de control más utilizado es el químico. Sin embargo, estudios realizados por el CIAT han registrado la resistencia generada por la plaga a algunos productos utilizados frecuentemente en los cultivos (Cardona *et al* 2005). Esta resistencia ha sido ocasionada por el mal uso de los productos químicos, los cuales son aplicados de manera preventiva tipo calendario sin tener en cuenta la densidad de la población, dando paso a otro tipo de problemas como la eliminación de enemigos naturales y aumento de la contaminación ambiental, arriesgando la salud tanto de productores como de consumidores (Lee *et al* 2004).

Por lo anterior el uso de prácticas limpias como el control biológico, ha cobrado importancia presentando buena eficiencia, pero limitaciones en el uso a nivel comercial. Uno de los parasitoides más utilizados para el control biológico de la mosca blanca es

Encarsia formosa (Hymenoptera: Aphelinidae), el cual se dispersa por el cultivo en busca de las ninfas de tercer y cuarto instar, las cuales utiliza para colocar sus huevos. Al eclosionar, la larva del parasitoide se alimenta del interior de la ninfa hasta consumir sus órganos vitales. A medida que se va desarrollando el parasitoide, la ninfa de mosca blanca parasitada comienza a melanizarse hasta tornarse negra, lo que facilita el análisis visual para saber si el parasitoide se estableció en el cultivo (López & Botto 1995). De igual forma se alimentan de la mielecilla y hemolinfa de hospederos no parasitados (host feeding). Este parasitoide no se alimenta de ninfas parasitadas ni tampoco coloca los huevos sobre ninfas de las cuales se alimentó (Soto *et al* 2002).

E. formosa ha sido utilizado con éxito a nivel mundial en países como Holanda, España, Chile, Guatemala y Uruguay. En Colombia se han realizado liberaciones utilizando de 3 – 5 parasitoides/m², obteniendo porcentajes de control iguales o superiores al 80% (De Vis & van Lenteren 2008). Sin embargo, las liberaciones se han realizado sin tener en cuenta la cantidad óptima de liberación en función a un número determinado de individuos de *T. vaporariorum* y el nivel de daño de mosca blanca.

Por lo anterior, se propuso este trabajo con el fin de establecer un criterio de liberación de *E. formosa* para controlar *T. vaporariorum* con base en el establecimiento del nivel de daño y la cantidad óptima de liberación de *E. formosa* en función del número de ninfas de *T. vaporariorum*. Esto permitirá optimizar el uso de *E. formosa* en programas de control biológico tipo estacional inoculativo de *T. vaporariorum*.

2. OBJETIVOS:

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Establecer las condiciones para optimizar la efectividad de *Encarsia formosa* cuando se realiza control biológico de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* en cultivos comerciales de tomate.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Determinar el daño causado por diferentes densidades de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum*, sobre el desarrollo y la producción de un cultivo comercial de tomate bajo condiciones de invernadero.

Establecer criterios para la liberación de *Encarsia formosa* con base en el concepto de umbral económico, para el control efectivo de poblaciones de *Trialeurodes vaporariorum* en cultivos comerciales de tomate.

3. Revisión de literatura

3.1. EL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L. EN COLOMBIA

El cultivo de tomate hace parte de las solanáceas con mayor importancia económica en el país (Linares 2004), debido a que es empleado como materia prima de un gran número de industrias de enlatados y conservas alimenticias, además de ser utilizado en el consumo diario como fruta fresca (Abad *et al* 2001). En Colombia se cultivan 16000 hectáreas de tomate de las cuales un 20% se encuentra bajo invernadero (3200 hectáreas). La producción total es de 411000 toneladas al año, de las cuales 277000 son exportadas principalmente a las Antillas Holandesas, Martinica, Panamá, Francia, Guadalupe y Cuba (SNE 2007).

El comercio de esta hortaliza exige elevados estándares de calidad, siendo el aspecto físico del fruto un factor determinante en la calidad del producto, por eso se debe asegurar que llegue hasta el consumidor en el mejor estado posible. Esto resulta, en ocasiones, difícil ya que un gran porcentaje de su composición es agua, por lo que es susceptible a la rápida descomposición, además de contar con los problemas de plagas y enfermedades (Lee 2000).

A nivel internacional, existe una norma establecida por el comité del Codex alimentarius sobre frutas y hortalizas, en donde se describe el producto y se clasifica de acuerdo a su calibre y homogeneidad, estableciendo criterios de calidad y tolerancia para algunos defectos. Para el tomate, la norma es la CODEX STAN 293 – 2007 (Anexo 1)

Clasificación de calidad

Los tomates son clasificados en tres categorías, en las cuales uno de los parámetros más importantes y el más utilizado por los agricultores, es diámetro ecuatorial del fruto. Encontrando: **Extra:** >75 mm con una tolerancia de defectos totales de 5%, **Primera:** entre 65 y 74 mm y con una tolerancia de defectos totales de 5% y **Segunda:** entre 55 y 64 mm y con una tolerancia de defectos totales de 10% (Hernández *et al* 2009)

3.2. PLAGAS DEL TOMATE

Este cultivo es afectado por un número elevado de artrópodos en todas sus etapas de crecimiento. En la literatura se pueden encontrar varios grupos de insectos y ácaros que viven asociados a esta planta. Sin embargo, sólo unos pocos causan daños que afectan su producción comercial (Vallejo 1999).

Entre los insectos considerados como plagas de importancia económica, encontramos al cogollero del tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), el minador de la hoja *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), el pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) y dos especies de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) (Vallejo 1999).

Estudios realizados en Colombia, sobre especies de mosca blanca en la zona Andina, han demostrado la prevalencia de *T. vaporariorum* desde el norte de Ecuador, pasando por la zona Andina hasta los departamentos de Norte de Santander, Antioquia y sur de Bolívar, asociada a cultivos de frijol, habichuela, pepino, tabaco, tomate y papa. *B. tabaci* biotipo B, se encontró en la costa colombiana y hacia el interior en el Valle de Cauca, Tolima y Huila, en cultivos de algodón, berenjena, col, melón, frijol, lima, pepino, sandía, tomate y tabaco. El biotipo A, se encontró en Córdoba y Sucre en cultivos de berenjena, tomate, soya, tabaco y brócoli (Bedoya *et al* 2007).

3.2.1 LA MOSCA BLANCA DE LOS INVERNADEROS *Trialeurodes vaporariorum*

T. vaporariorum fue descrita por Westwood en 1856 como *Aleyrodes vaporariorum*, es una plaga cosmopolita que afecta cultivos frutícolas, hortícolas y ornamentales a nivel mundial, registrando más de 82 familias de plantas de importancia económica, como hospedadoras de la plaga (Lourenção *et al* 2008).

Esta plaga causa daños económicos al alimentarse de la savia, contaminando los productos con una mielecilla que favorece el crecimiento del hongo conocido como fumagina, además de la transmisión de virus (Mckee *et al* 2007).

3.2.1.1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *Trialeurodes vaporariorum*

Esta plaga ha sido reportada en todas las regiones zoogeográficas del mundo. En Suramérica ha sido reportada en Argentina, Chile, Ecuador, Venezuela, Perú, Brasil y Colombia (Lourenção *et al* 2008).

3.2.1.2. CICLO DE VIDA

Presenta una metamorfosis incompleta pasando por los estados de huevo, ninfa (cuatro instares ninfales) y adulto. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto oscila entre 24 y 28 días, en temperaturas promedio de 18 a 22 °C y humedad relativa superior al 60% (Cardona *et al* 2005). Se pueden reproducir de dos formas, sexualmente dando origen tanto a machos como a hembras y por partenogénesis de tipo arrenotoquia dando origen únicamente a machos (Bueno *et al* 2005).

Huevo: Es liso, alargado, la parte superior termina en punta y la parte inferior es redondeada, mide aproximadamente 0.23 mm de largo y 0.1 mm de ancho. Se fija al envés de la hoja por medio de un pedúnculo, recién colocados son de color blanco, tornándose amarillento y luego gris purpura al aproximarse a la eclosión (Fig. 1) (Cardona *et al* 2005).



Figura 1. Huevo de *T. vaporariorum* en diferentes estados de maduración

Se pueden encontrar de forma individual o en grupos formando círculos, ya que la hembra de *T. vaporariorum* puede alimentarse mientras oviposita (Fig. 2).



Figura 2. Disposición de los huevos de mosca blanca sobre la hoja.

Ninfa de primer instar: De forma oval con la parte distal ligeramente más angosta, translúcida con manchas amarillas. Mide aproximadamente 0.27 mm de largo y 0.15 mm de ancho (Fig. 3). Es el único estado inmaduro móvil, en el cual se mueve para localizar el sitio de alimentación, este movimiento es conocido como crawler o gateador (Cardona *et al* 2005).



Figura 3. Ninfa de *T. vaporariorum* de primer instar.

Ninfa de segundo instar: De forma oval con los bordes ondulados, translúcida. Sésil mide aproximadamente 0.38 mm de largo y 0.23 mm de ancho (Fig. 4) (Cardona *et al* 2005).



Figura 4. Ninfa de *T. vaporariorum* de segundo instar.

Ninfa de tercer instar: De forma oval, aplanada y translúcida. Sésil, mide aproximadamente 0.54 mm de largo y 0.33 mm de ancho (Fig. 5) (Cardona *et al* 2005).

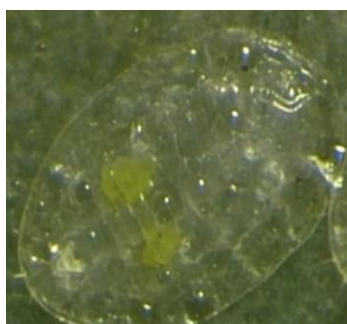


Figura 5. Ninfa de *T. vaporariorum* de tercer instar.

Ninfa de cuarto instar: Es de forma oval, plana, inicialmente es transparente pero se va tornando opaca a medida que se desarrolla, momento en el cual algunos autores la denominan como pupa. Presenta hilos de cera largos y erectos, cuando esta próxima a emerger los ojos se observan con facilidad. Mide aproximadamente 0.73 mm de largo y 0.45 mm de ancho (Fig. 6) (Cardona *et al* 2005).



Figura 6. Ninfa de *T. vaporariorum* de cuarto instar o pupa.

Adulto: Las hembras miden aproximadamente 2 mm de largo, los machos son un poco más pequeños, el color del cuerpo es amarillo limón, las alas son transparentes y están cubiertas por un polvillo blanco ceroso, son angostas en la parte anterior. Los ojos son de color rojo oscuro, divididos transversalmente por una zona membranosa con pilosidad delicada que separa dos grupos de omatidas (Fig. 7) (Nuez 1999).



Figura 7. Adulto de *T. vaporariorum*

Presentan dimorfismo sexual, encontrando hembras más grandes que los machos los cuales presentan los últimos segmentos abdominales diferenciados de un color más claro al resto del abdomen terminando en forma de punta (Fig. 8), se alimentan y ovipositan sobre el envés de las hojas. Los adultos copulan apenas emergen, sin embargo pueden tener un periodo de preoviposición de un día. Las hembras colocan entre 80 y 300 huevos

durante toda su vida. (Cardona *et al* 2005). Habitualmente se presenta una relación de sexos de 1:1 (Bueno *et al* 2005).



Figura 8. Dimorfismo sexual de adultos de *T. vaporariorum*. A la izquierda el macho a la derecha la hembra.

3.2.1.3. TIEMPO DE DESARROLLO

El tiempo de desarrollo puede variar dependiendo de la planta hospedera. En la tabla 1 se presentan los tiempos de desarrollo registrados para *T. vaporariorum* en dos plantas hospederas diferentes a una temperatura de 25°C +/- 1°C, fotoperiodo de 14 horas luz y humedad relativa de 50 a 70%.

Tabla 1. Tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum* (Media + error estándar) sobre plantas de zapallito *Cucurbita máxima* Duchy (Cucurbitales: Cucurbitaceae) y tomate *Solanum lycopersicum* L. (Tubiflorales: Solanaceae) (Tomada de López *et al* 1999)

Estadio de desarrollo	Zapallito (<i>Cucurbita maxima</i> Duch	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.
Huevo – Ninfa 1	5,89 + 0,20	6,20 + 0,08
Ninfa 2	3,11 + 0,08	4,29 + 0,19
Ninfa 3	3,79 + 0,17	3,37 + 0,18
Ninfa 4	2,78 + 0,22	2,64 + 0,21

Prepula	2,00 + 0,16	1,32 + 0,08
Pupa	2,28 + 0,09	2,18 + 0,09
Adulto	19,56 + 0,26	20,05 + 0,28

Estudios realizados por Park *et al* (2009) mostraron que el tiempo de desarrollo de huevos y ninfas de *T. vaporariorum* decrece en plantas de tomate fertilizadas con altos contenidos de nitrógeno (395 ppm), en las cuales se presenta alto contenido de nitrógeno, proteínas y clorofila, pero bajo contenido de azúcares en las hojas. En estas plantas también se observó preferencia en la oviposición de las hembras, en relación a plantas fertilizadas con contenidos de nitrógeno medios (266 ppm) o bajos (199 ppm).

3.2.1.4. DAÑO

T. vaporariorum causa daños directos e indirectos a la planta. El daño directo es ocasionado por los estados de ninfa y adulto al introducir el estilete para extraer el floema. Altas poblaciones de *T. vaporariorum* pueden afectar la bioquímica, fisiología, anatomía y desarrollo de sus hospederos, al agotar las reservas de la planta, reduciendo la producción primaria, causando un efecto fitotóxico el cual se puede notar en la disminución en el vigor de la planta, amarillamiento, deformaciones y en algunos casos defoliación (Inbar & Gerling 2008, López-Ávila 2008).

El daño indirecto es causado por las secreciones de mielecilla que favorecen el crecimiento del hongo *Capnodium* sp. conocido como fumagina (Angarita *et al* 2007). Grandes cantidades de mielecilla, estimulan el crecimiento de fumagina, la cual disminuye el proceso de fotosíntesis afectando algunos procesos fisiológicos. En algunos casos se puede presentar daño sobre los frutos, disminuyendo su valor comercial (Fig. 9) (Alma *et al* 2007).



Figura 9. Daño por fumagina sobre a) hojas y b) frutos de tomate

Otro tipo de daño indirecto es la transmisión de virus, algunos de los cuales pueden ser de importancia económica, se ha reportado que las moscas blancas de la familia Aleyrodidae pueden transmitir hasta 114 especies de virus, de las cuales tres se han reportado que son transmitidas por *T. vaporariorum*, entre los que se encuentra closterovirus (Jones 2003).

3.3. MÉTODOS DE CONTROL DE *Trialeurodes vaporariorum*

3.3.1. CONTROL QUÍMICO

El control químico, es la herramienta más utilizada para el control de *T. vaporariorum*. El uso excesivo de estos productos ha ocasionado resistencia por parte de la plaga, a varias clases de insecticidas (Zanié *et al* 2008).

En Colombia, estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, han registrado la resistencia generada por la plaga a algunos productos utilizados frecuentemente en los cultivos encontrando: organofosforados como: metamidofos (Tamaron, Monitor), malathion (Malathion), monocrotofos (Azodrin) y dimetoato (Roxion, Sistemin), algunos carbamatos como: carbofuran (Furadan) y carbosulfan (Elthra), y piretroides como: cipermetrina (Cymbush) y cialotrina (Karate) (Cardona *et al* 2005).

Los neonicotinoides (imidacloprid y thiamethoxam) han sido ampliamente usados a nivel mundial. El uso intensivo de estos productos han disminuido la susceptibilidad a ellos por parte de la plaga (Zanié *et al* 2008).

Lo anterior ha ocasionado la creación de nuevos insecticidas con diferente composición química y modo de acción que pueda contrarrestar la resistencia generada por la plaga (Zanié *et al* 2008).

La aparición de resistencia ha sido causada por el mal uso de los productos químicos, los cuales son aplicados de manera preventiva tipo calendario sin tener en cuenta la densidad de la población, dando paso a otro tipo de problemas como la eliminación de enemigos naturales, alteraciones en el ambiente, en la salud de quienes aplican los productos y en la calidad de vida de los consumidores (Choi *et al* 2003).

3.3.2. CONTROL CULTURAL

El control cultural de *T. vaporariorum* se basa en prácticas que permitan tener un manejo adecuado del cultivo, como sembrar las plantas en ambientes protegidos o cubiertos para evitar infestaciones tempranas, usar malla en las aberturas del invernadero, sembrar cultivos trampa y realizar control localizado, usar barreras vegetales teniendo en cuenta la dirección del viento para interceptar vuelos de la plaga, destrucción oportuna de desechos vegetales, usar trampas de pegante amarillas, deshojes oportunos, podas fitosanitarias y evitar fertilizaciones excesivas (Luppinchini *et al* 2008).

3.3.3. CONTROL BIOLÓGICO

Muchos estudios han demostrado la habilidad de los enemigos naturales para mantener controladas las poblaciones de *T. vaporariorum*. Entre los enemigos naturales se encuentran parasitoides, depredadores y hongos entomopatógenos (Alma *et al* 2007).

Entre los hongos entomopatógenos mas evaluados se encuentran, *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Beauveria bassiana*, los cuales han sido evaluados en *T. vaporariorum* y *Bemisia tabaci* encontrando que los productos biológicos con base en estos hongos entomopatógenos, al ser introducidos en un esquema de manejo integrado son promisorios en el manejo de mosca blanca (Espinel *et al* 2008).

Por otro lado, se han evaluado depredadores como *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae), encontrando que los adultos del depredador, presentan preferencia por el

consumo de huevos, a diferencia de las larvas de *D. pussillus* quienes presentan preferencia por el consumo de ninfas de *T. vaporariorum* (García *et al* 2007)

El depredador *Macrolophus calignosus* (Heteroptera: Miridae), es usado a nivel mundial con gran éxito en Europa, en donde es comercializado por compañías como Koppert, Biobest, Syngenta Bioline, Agrobio, entre otras, para el control de mosca blanca en cultivos de tomate bajo invernadero (Castañé & Zapata 2005). Debido a la importancia de *M. calignosus* ha nivel comercial, se han realizado estudios del impacto que pueden tener otros depredadores de mosca como *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae), encontrando en este caso en particular, que no se presenta competencia interespecifica, logrando en algunas ocasiones el aumento de los niveles de depredación (Lucas & Alomar 2002).

En cuanto a los parasitoides, los géneros más evaluados son *Euderomphale*, *Azotus*, *Cales*, *Encarsia*, *Amitus* y *Eretmocerus*, siendo estos tres últimos los géneros más promisorios en programas de control biológico de la mosca blanca (López-Ávila 2008).

3.4. GENERALIDADES DE *Encarsia formosa*

E. formosa es un endoparasitoide, entomófago solitario, sinovigénico y partenogenético uniparental, produciendo hembras como descendencia (Donnell & Hunter 2002). Ocasionalmente los machos pueden aparecer como producto de bajas temperaturas. Los machos son hiperparasitoides de las hembras, pero generalmente esto ocurre cuando la población de parasitoides es alta (Soto *et al* 2002, Hoddle *et al* 1998). De igual forma, estudios han demostrado que *E. formosa* porta la bacteria *Wolbachia* la cual causa reproducción partenogenética completa. Sin embargo, *Wolbachia* en *E. formosa* no causa un efecto negativo en la producción de la progenie de avispa infectadas en el estado adulto (Stouthamer & Mak 2002).

Los adultos de *E. formosa*, se dispersan por el cultivo en busca de las ninfas de tercer y cuarto instar de mosca blanca las cuales utilizan para ovipositar. Al encontrar a una ninfa, el parasitoide la palpa con sus antenas para comprobar que tiene un tamaño adecuado. Si la ninfa presenta las características adecuadas, el parasitoide introduce su ovipositor y si el examen con el ovipositor es positivo inyecta un huevo en el interior de la ninfa; al eclosionar la larva comienza a alimentarse del interior de la ninfa hasta consumir sus órganos vitales. A medida que se va desarrollando el parasitoide, la ninfa de mosca

blanca parasitada comienza a melanizarse hasta tornarse negra, lo que facilita el análisis visual para reconocer las ninfas parasitadas (López & Botto 1995).

Los adultos se alimentan de la mielecilla que excretan las moscas blancas y de los fluidos corporales de estos, mediante un proceso denominado en inglés "host-feeding", en el cual *E. formosa* selecciona la ninfa mediante un "tamborileo" con las antenas (Wackers *et al* 2008). Al determinar que es apropiada, induce su ovipositor, con el fin de causar la salida de los líquidos corporales de la ninfa para alimentarse. Estudios han demostrado que presenta preferencia por ninfas de segundo instar para el host-feeding (Hoddle *et al* 1998). Este parasitoide no se alimenta de ninfas parasitadas ni tampoco oviposita sobre ninfas de las cuales se alimentó (Soto *et al* 2002).

El uso de *E. formosa* para el manejo de la mosca blanca *T. vaporariorum*, es conocido como el primer caso exitoso de programas de control biológico tipo inoculativo. Comenzó a usarse a nivel comercial en Europa antes de 1930, empezándose a distribuir en países como Canadá, Australia y Nueva Zelanda. Sin embargo, su uso decreció después de la segunda guerra mundial por la preferencia al uso de plaguicidas (Pilkington *et al* 2010). Después de 1970 se retomó el uso del parasitoide expandiéndose de 100 ha a 4800 ha, en 1996 20 de 35 países con cultivos bajo invernadero, comenzaron a usar *E. formosa* (Hoddle *et al* 1998).

A nivel mundial se ha reportado su uso de forma exitosa principalmente en cultivos protegidos de tomate y pepino en países como Holanda, Rusia, España, Chile, Guatemala y Uruguay. En Colombia se han realizado liberaciones a nivel comercial de *E. formosa* utilizando de 3 – 5 parasitoides/m², obteniendo porcentajes de control iguales o superiores al 80% (De Vis & Van Lenteren 2008).

Las pupas de *E. formosa* pueden ser almacenadas en frío, sin embargo estos almacenamientos afectan de forma negativa la calidad del parasitoide a medida que se incrementan los tiempos de almacenamiento (Luczynski *et al* 2007). Sin embargo, al almacenar las pupas a 11.5°C por 14 días o a 4.5°C por 7 días, se mantienen los parasitoides en condiciones adecuadas para la liberación (López & Botto 2005).

3.4.1. TIEMPO DE DESARROLLO DE *Encarsia formosa*

El tiempo de desarrollo de *E. formosa* es inversamente proporcional a la temperatura, a medida que la temperatura aumenta, decrece el tiempo de desarrollo y viceversa. Por otro lado la edad del hospedero también influye en el tiempo de desarrollo, siendo mayor en ninfas de cuarto instar de *T. vaporariorum* (322,5 °D (Grados día)) en relación al tiempo de desarrollo sobre ninfas de tercero (294,1 °D), lo que puede indicar una mejor adaptación del parasitoide al tercer instar (Tabla 2) (Soto *et al* 2001). Estudios realizados por Roermund *et al* (1997), mostraron que el rango de temperatura en la cual se presenta crecimiento de la población de *E. formosa*, se encuentra entre 11.4 – 35°C.

Tabla 2. Tiempo de desarrollo de huevo a adulto (días) de *E. formosa* en dos subestados ninfales de *T. vaporariorum* bajo seis regímenes térmicos con 14 h luz y 10 h oscuridad (Tomada de Soto *et al* 2001).

Temperatura (°C)	Ninfa de tercer instar de <i>T. vaporariorum</i>	Ninfa de cuarto instar de <i>T. vaporariorum</i>
14,6	28,4	29,5
18,5	21,4	22,3
21,8	18,2	19,5
25,7	16,2	18,6
28,7	14,1	15,3
33,5	9,4	10,0

3.4.2. COMPORTAMIENTO DE *Encarsia formosa*

Encarsia formosa al localizar su hospedero evalúa su calidad, escogiendo cuales ninfas usará para parasitar o para alimentarse “host – feeding” (Lebreton *et al* 2009). Dentro del invernadero, *E. formosa* parece emplear una búsqueda aleatoria para encontrar las

plantas infestadas, hojas infestadas y los focos de mosca blanca, sin guiarse aparentemente por señales visuales ni olfatorias (Netting & Hunter 2000).

Sin embargo, estudios realizados sobre plantas de frijol, han demostrado que las plantas infestadas con *T. vaporariorum*, liberan más de 20 compuestos volátiles, los cuales fueron analizados encontrando 4 compuestos que son liberados en altos niveles. Estos compuestos se evaluaron en ensayos de túnel de viento encontrando que *E. formosa* usa los compuestos volátiles como señal olfatoria para localizar su hospedero (Birkett *et al* 2003).

En el cultivo *E. formosa* realiza un forrajeo, el cual no se ve influenciado por la edad de las ninfas ni por la presencia de larvas parasitadas (De Vis *et al* 2003). Ya sobre las hojas, la velocidad de la caminata se ve afectada por diferentes factores como la venación de las hojas, presencia de tricomas, carga de huevos, presión barométrica, temperatura y presencia de mielecilla (van Roemund & van Lenteren 1995), encontrando las velocidades de caminata más bajas cuando se presenta baja temperatura, poca carga de huevos y baja presión barométrica.

En cultivos de tomate, el parasitoide presenta un tiempo promedio de residencia sobre las hojas de 1,9 horas (De Vis *et al* 2003). Sin embargo, el tiempo de residencia, el número de encuentros con el hospedero, oviposiciones y host feeding puede incrementar con la densidad del hospedero, registrándose en un máximo de 14 horas, 209.3 encuentros con el hospedero, 15.6 oviposiciones y 2.9 host feeding (van Roermund *et al* 1997).

Encarsia formosa discrimina bien entre una ninfa parasitada por el mismo y una sin parasitar, evitando así el superparasitismo por el mismo. Sin embargo, no discrimina bien las ninfas parasitadas por un parasitoide conespecífico y no discrimina ninfas parasitadas por un parasitoide heteroespecífico (De Vis *et al* 2003)

3.5. CURVA DE DAÑO

Las plantas responden de una forma particular a diferentes intensidades de daño de los artrópodos plaga. La edad de la planta es un factor determinante en la respuesta al daño ocasionado por una plaga. Usualmente las plántulas son las más susceptibles, al igual

que la planta en formación de órganos, mientras que las plantas maduras toleran o compensan mejor el ataque de una plaga (Pedigo & Rice 2006).

Los factores ambientales también son un factor importante de la respuesta de la planta al daño. Cambios en la temperatura, humedad y demás, pueden cambiar la susceptibilidad de la planta a un tipo específico de daño (Pedigo & Rice 2006).

El efecto de los factores anteriores va a ser determinante en la relación entre la cantidad de daño sobre la producción de las plantas, esta relación se puede representar de forma grafica por medio de una curva de daño (Fig. 10) (Pedigo & Rice 2006).

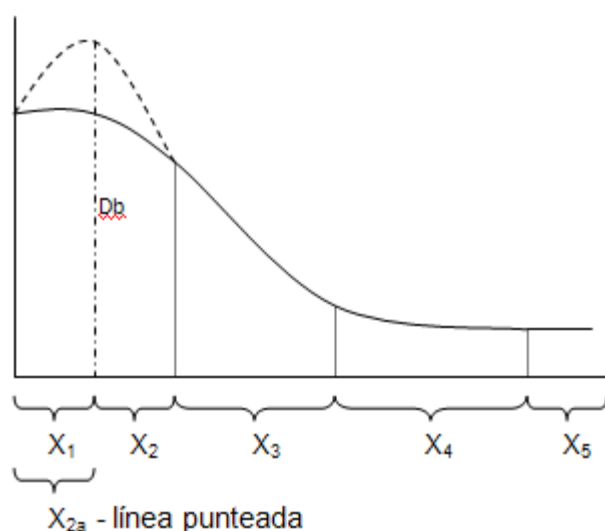


Figura 10. Curva general de daño. Productividad de la planta (Eje Y) vs daño causado sobre la planta por la plaga (Eje X).

Las áreas específicas de esta curva se pueden diferenciar de acuerdo a la respuesta de la planta al daño ocasionado por la plaga, encontrando:

- **Umbral de daño (Db)**
- **Tolerancia:** (X_1) No hay perdida por unidad de daño, el rendimiento de la plata con daño es igual al rendimiento sin daño. Pendiente igual a cero.

- **Sobre - compensación:** (X_{2a} , línea punteada) Ocurre un daño negativo en donde se da una estimulación de la planta provocando un incremento de la producción por unidad de daño. Pendiente positiva.
- **Compensación:** (X_2) Incrementa la pérdida por unidad de daño. Pendiente negativa.
- **Lineal:** (X_3) En esta fase se presenta la máxima pérdida por unidad de daño. Pendiente negativa
- **Des - sensibilización:** (X_4) Decrece la pérdida por unidad de daño. Pendiente negativa.
- **Impunidad inherente:** (X_5) no hay pérdida por unidad de daño, es decir el rendimiento con daño es menor que el rendimiento sin daño. Pendiente igual a cero.

3.6. UMBRALES

3.6.1. NIVEL DE DAÑO ECONÓMICO

El nivel de daño económico, es definido como la densidad más baja de la población que causa un daño económico. En esta definición se incorporan criterios biológicos tanto de la plaga como de la planta hospedera y también económicos en cuanto a la relación costo-beneficio (Higley & Pedigo 1996).

Este valor no es fijo y puede variar con el tiempo y en el espacio dependiendo de una serie de factores entre los que se encuentran:

- El costo del control: Si el costo de control aumenta, el nivel de daño económico también aumenta, debido a que las medidas de control sólo están justificadas cuando se recupera un valor igual o superior en la cosecha. Por el contrario si el costo del control disminuye también ocurrirá lo mismo con el nivel de daño económico.
- Valor de la cosecha en el mercado: Si el valor del producto aumenta, el nivel de daño económico disminuye, las pérdidas económicas de la cosecha con valores bajos de la población de la plaga son importantes y pueden igualar fácilmente el valor de las

posibles medidas de control. Si el valor de la cosecha disminuye el nivel de daño aumenta (Peterson & Hunt 2003).

3.6.2. UMBRAL ECONÓMICO

Densidad de la población en la cual debe ser iniciada una medida de control para impedir que un aumento en la población de la plaga alcance un nivel de daño económico. También es conocido como umbral de acción, nivel de acción, umbral de control, entre otros términos (Higley & Pedigo 1996).

3.7. ANÁLISIS MARGINAL

En este análisis se tiene en cuenta el valor económico tanto del costo del control como de la producción versus la densidad de la población de la plaga. En la figura 11 se observa en el eje "Y" el valor económico y en el eje "X" el umbral definido como la densidad de la población de la plaga. La curva inferior representa los costos asociados al uso de diferentes umbrales, la curva superior representa el beneficio asociado a cada umbral posible, el cual se puede representar con el valor de la producción (Rosset 1991).

Un umbral muy bajo da un rendimiento alto, aumentando los costos de control, debido a que se emplean medidas de control con bajas poblaciones de la plaga, mientras que un umbral alto da un bajo costo de control pero con rendimientos bajos o nulos (Rosset 1991).

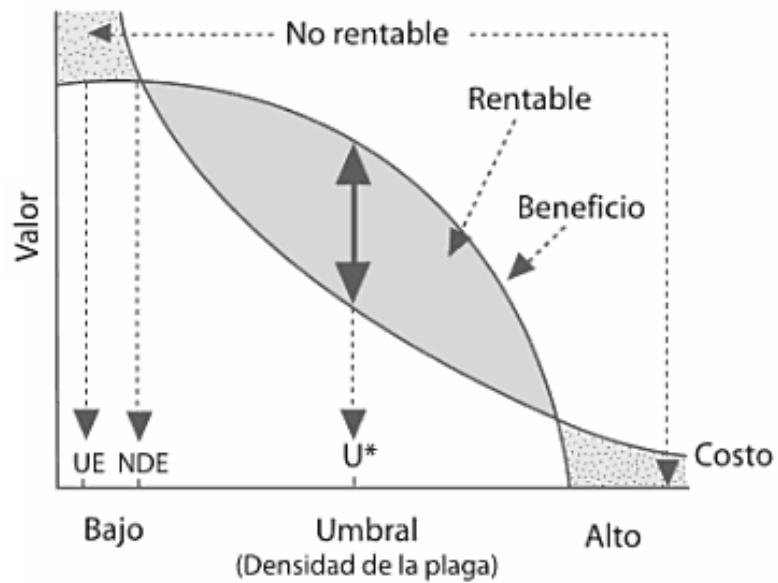


Figura 11 Análisis económico de los conceptos de Nivel de Daño Económico (NDE) y Umbral Económico (UE). U^* representa el umbral que maximizara la ganancia neta (Tomada de Rosset 1991).

Para que una acción sea rentable, el beneficio tiene que ser mayor que el costo. En la figura 11, el área sombreada representa los umbrales que resultan rentables, siendo U^* el umbral óptimo en donde se obtiene la mayor diferencia entre el beneficio y el costo (Rosset 1991).

4. METODOLOGÍA

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

Este proyecto se llevó a cabo en un cultivo comercial de tomate, ubicado en el departamento de Boyacá - Colombia, municipio de Villa de Leyva, provincia del alto Ricaurte, el cual se encuentra a una altura de 2095 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 18°C.

El estudio se realizó bajo condiciones de invernadero, con un área de 2500 m² sembrada con 7500 plantas de tomate en suelo, con una distancia de siembra de 0.25 m.

El invernadero utilizado contenía cinco naves de 50 m de longitud, cada una de ellas con un total de seis camas y 250 plantas/cama.

El tomate utilizado en el ensayo fue tipo larga vida y se dejó a un solo tallo.

4.2. MONTAJE EXPERIMENTAL

La unidad experimental consistió en una jaula entomológica de madera de 250cm de alto, 100cm de ancho y 100cm de profundidad forrada en velo suizo (Fig. 12).



Figura 12. Jaulas entomológicas utilizadas para el aislamiento de las plantas en campo.

Estas jaulas se ubicaron de forma aleatoria en el invernadero, aislando una planta por jaula. Las jaulas se instalaron antes de realizar la siembra (Fig. 13), con el fin de aislar las

plantas desde el momento del trasplante y así poder realizar un control fitosanitario de plagas, enfermedades y arvenses (Fig. 14).



Figura 13. Ubicación de las jaulas en el invernadero.



Figura 14. Remoción manual para el control fitosanitario de arvenses.

4.3. RECOLECCIÓN DE ADULTOS DE *Trialeurodes vaporariorum*

Se recolectaron hojas con ninfas de 4° instar de la cría de *T. vaporariorum* instalada en los laboratorios de control biológico de la Universidad Militar Nueva Granada en Cajicá - Cundinamarca. Estas hojas se llevaron a cámaras de emergencia por un día, las cuales contienen frascos recolectores de vidrio. En estos frascos se concentraron las moscas

4.5. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HUEVOS OVIPOSITADOS POR UNA HEMBRA DE *T. vaporariorum* DE DOS DÍAS DE EDAD

Se recolectaron adultos de *T. vaporariorum* de dos días de emergidos y se llevaron al laboratorio en donde fueron sexados con ayuda de un estereoscopio.

Se separaron por parejas, colocando cada pareja en una caja de petri que contenía en el fondo papel absorbente húmedo y una hoja de tomate. Estas parejas se dejaron dentro de las cajas por 24 horas, después de las cuales se retiraron contando el número de huevos ovipositados en cada caso (Fig. 16). Se realizaron 12 repeticiones, evaluando una pareja (Macho-hembra) por repetición. Los datos obtenidos fueron promediados.

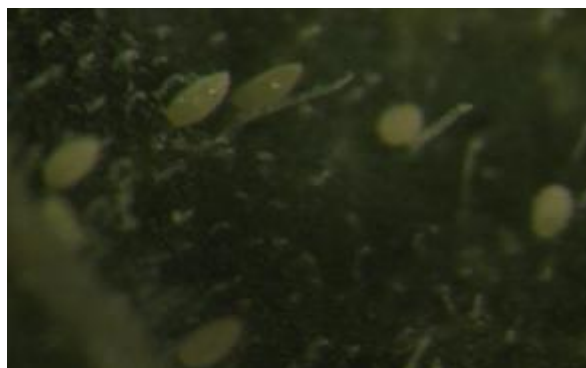


Figura 16. Conteo del número de huevos colocados por hembra.

4.6. EVALUACIÓN DE LA CURVA DE DAÑO

Seis semanas después de la siembra (SDS), se infestaron las plantas previamente aisladas en las unidades experimentales, con diferentes densidades de *T. vaporariorum*, evaluando un total seis tratamientos cada uno con tres repeticiones.

Los tratamientos evaluados fueron 0, 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 ninfas de *T. vaporariorum*/planta. Para lograr estas densidades se liberaron adultos de *T. vaporariorum* teniendo en cuenta la cantidad de huevos que puede ovipositar una hembra de dos días de edad/ día y la proporción sexual (Fig. 17).

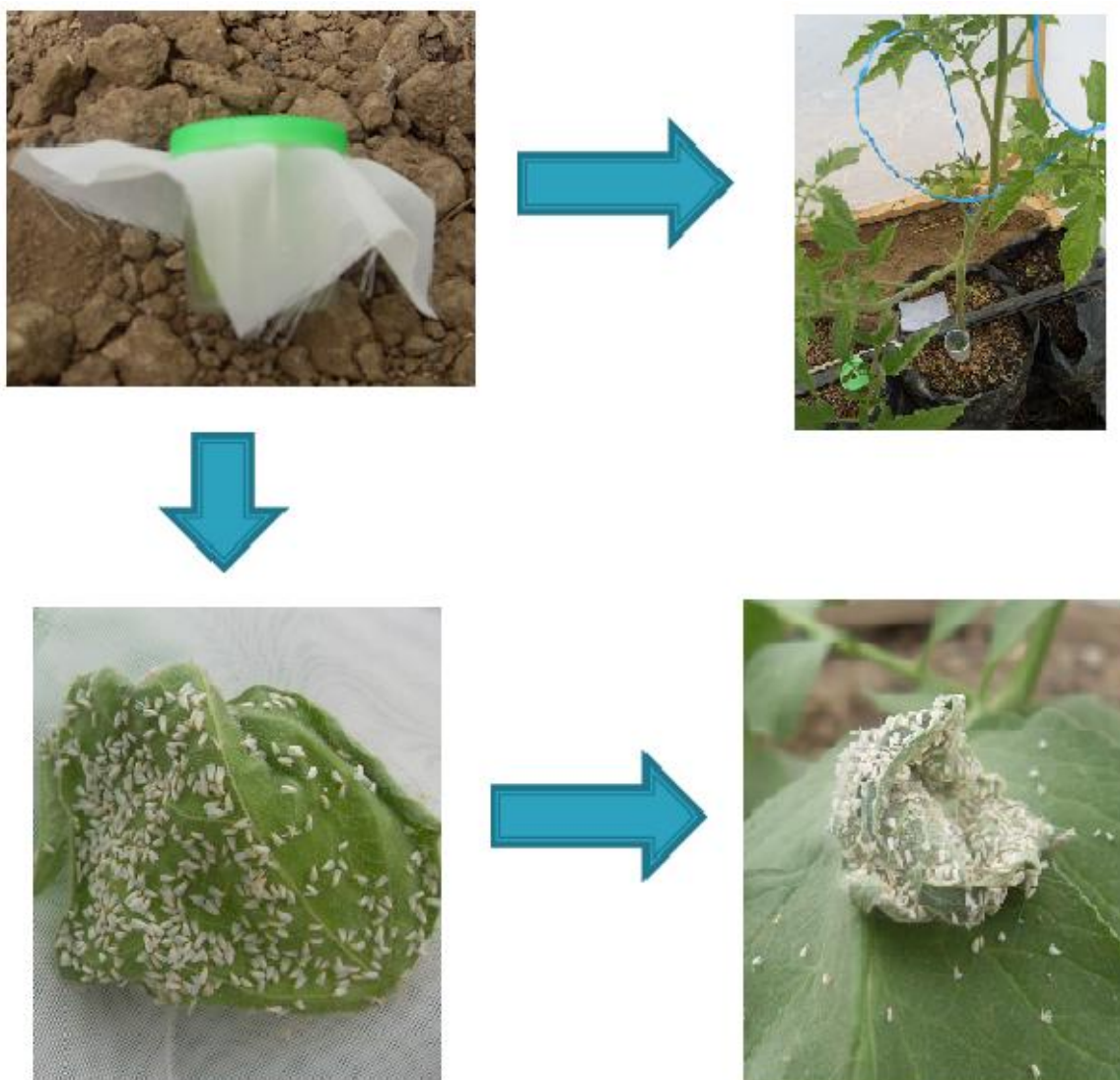


Figura 17. Infestación de las plantas con adultos de *T. vaporariorum*.

Los adultos se dejaron por 24 horas. Para retirarlos, se colocó dentro de cada jaula una tira de plástico amarillo, la cual se impregnó de Pegante para trampas, se movió la planta suavemente con el fin que la mayoría de adultos se pegaran al plástico (Fig. 18). Finalmente, se revisó la planta hoja por hoja y con la ayuda de un aspirador bucal se retiraron los adultos aún presentes en la planta.



Figura 18.Plástico impregnado de Pegante para trampas utilizado para retirar la mayor cantidad de adultos de mosca blanca.

Con el fin de dejar las densidades deseadas en cada tratamiento, se realizó un conteo de las ninfas presentes con ayuda de una lupa de 7x y un contador. Dos semanas después de realizar la liberación se eliminaron las ninfas excedentes con ayuda de un alfiler entomológico.

Semanalmente se midió la longitud del tallo, se contó el número de hojas, racimos florales y frutos. Se registró el número de hojas eliminadas (chupones) y se registró la presencia de fumagina. En el momento de la cosecha se pesó y clasificó el fruto según su tamaño en categorías comerciales de calidad (Fig.19).



Figura 19. Clasificación de los frutos de tomate por tamaño

Al erradicar la planta se tomó el peso fresco y seco de hojas, tallos y raíces. Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con ayuda del programa R-project.

4.7. EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD OPTIMA DE LIBERACIÓN DE *E. formosa*

4.7.1. DETERMINACIÓN DEL UMBRAL

Se realizó la misma metodología utilizada para la evaluación de la curva de daño, en cuanto al proceso de infestación con ninfas mosca blanca y control fitosanitario. En este caso, todas las plantas se infestaron con un total de 2000 ninfas/planta.

Semanalmente se revisó la edad de las ninfas. Cuando la mayoría de estas se encontraron en tercer instar, se realizó la liberación del parasitoide *E. formosa*. Se contó el número de ninfas parasitadas a los 21, 28, 36 y 42 días después de la liberación (DDL).

Para determinar el valor de la producción se tuvo en cuenta el valor comercial de los frutos dependiendo de la clasificación (Corabastos 2011). Los datos del valor de la producción y del costo de la producción se ajustaron mediante el uso de un modelo polinomial.

Semanalmente se revisaban las plantas y se realizaba la cosecha de los frutos maduros, clasificándolos por tamaño en las diferentes categorías de calidad.

El umbral y el nivel de daño económico, se determinaron con la metodología propuesta por Rosset (1991), teniendo en cuenta el costo del control con *E. formosa*, el costo total de la producción y el valor de la producción.

4.7.2. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD ÓPTIMA DE LIBERACIÓN DE *E. Formosa*

Teniendo en cuenta trabajos como el de Hoddle *et al* (1998) quienes afirman que la mielecilla y la presencia de exuvias de mosca blanca y de ninfas ya parasitadas, aumentan el tiempo que dura un parasitoide en una hoja buscando hospederos, causando en algunos casos disminución en los porcentajes de parasitación, se tomó la decisión de evaluar el parasitismo liberando proporciones diferentes de *E. formosa*/ninfas de *T. vaporariorum*.

El parasitismo se determinó a los 21, 28, 36 y 42 días después de la liberación (DDL), no se evaluaron días posteriores teniendo en cuenta el tiempo de desarrollo de *E. formosa* reportado por Soto *et al* (2001) y Roermund *et al.* (1997) y la temperatura que se presentó en el invernadero la cual fue en promedio de 20.9°C con una mínima de 10.26°C y una máxima de 38.1°C (Tabla 1 y 2).

Se evaluaron seis tratamientos, liberando en cada uno, una avispa de *E. formosa* por cada 0, 5, 9, 13, 17 y 21 ninfas de *T. vaporariorum*, teniendo en cuenta la respuesta funcional reportada por López & Botto (1995), los cuales reportan que una avispa puede parasitar 13 ninfas de mosca blanca. Se realizaron tres repeticiones.

Se realizó la misma metodología utilizada para la evaluación de la curva de daño, en cuanto al proceso de infestación con ninfas mosca blanca y control fitosanitario. En este caso, todas las plantas se infestaron con un total de 2000 ninfas/planta.

Los datos obtenidos se analizaron mediante promediando los datos obtenidos en cada una de las repeticiones.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una hembra de *T. vaporariorum* de dos días de edad, coloca en promedio 2.5 huevos/día, sobre plantas de tomate de 6 semanas de edad a una temperatura promedio de 18°C, estos datos fueron mayores a los reportados por Manzano & van Lenteren (2009) quienes reportan una tasa de oviposición máxima de 1.9 y 3.6 huevos/hembra/2 días, en las variedades de frijol Chocho e Ica-Pijao a 22 y 19 °C respectivamente. Estos cambios se pudieron presentar debido a las plantas hospederas utilizadas y a la temperatura las cuales fueron diferentes en los dos estudios (López *et al* 1999)

La población en general presenta una proporción sexual 1:1, coincidiendo estos datos con lo reportado por Bueno *et al* (2005). Al evaluar los porcentajes, se encontró que el 53.2% de la población correspondió a hembras, muy similar a lo reportado por van Roermund & van Lenteren (1992), quienes reportan que en promedio el 53.8% de la población de mosca blanca corresponde a hembras.

Daño causado por diferentes densidades de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum*, sobre el desarrollo y la producción de un cultivo comercial de tomate bajo condiciones de invernadero.

Al determinar el daño causado por diferentes densidades de ninfas de *T. vaporariorum*, sobre el desarrollo y la producción de un cultivo comercial de tomate bajo condiciones de invernadero, se encontró que no hay diferencias significativas en el peso fresco y seco de hojas, tallos y raíces entre densidades de 1000 a 5000 ninfas/planta. Esto se puede comparar con los resultados obtenidos en el trabajo de Bueno *et al* (2006), en el cual se infestaron plantas de tomate de aproximadamente cuatro semanas después de la siembra (SDS) con 200 adultos (equivalente aproximadamente entre 1000 a 2000 ninfas/planta) por tres días, sin obtener diferencias significativas en las plantas.

Sin embargo, se observó que a medida que aumentaba el nivel de infestación, se presentaba mayor número de hojas amarillentas (Fig. 20) y tallos más delgados. Estas observaciones coinciden con lo reportado por autores como Inbar & Gerling (2008),

López-Ávila (2008) y Butin *et al* (1993), quienes afirman que altas poblaciones o tiempos de infestación más prolongados, afectan la bioquímica, fisiología, anatomía y desarrollo de las plantas, debido a la alimentación tanto de los adultos como de las ninfas. Por otro lado, el crecimiento de fumagina sobre la mielecilla excretada por la mosca blanca, bloquea el paso de luz solar interfiriendo con la fotosíntesis, reduciendo la producción primaria, causando un efecto fitotóxico el cual se puede notar en la disminución en el vigor de la planta, amarillamiento, deformaciones y en algunos casos defoliación.



Figura 20. Amarillamiento de hojas presentado en plantas de tomate infestadas con mosca blanca.

Al comparar el peso (Kg/planta) mediante un ANOVA de la cantidad total de frutos obtenidos en plantas sometidas a diferentes densidades de infestación, se encuentran diferencias altamente significativas ($p=4.288 \times 10^{-8}$) (Figura 21). En la misma figura se observa que las plantas redujeron su producción al ser sometidas a más de 2000 ninfas/planta. Esto pudo ser ocasionado tanto por el daño directo como por el daño indirecto que ocasiona *T. vaporariorum*, ya que según López-Ávila (2008) y Roermund *et al* (1997), altas poblaciones de mosca blanca alimentándose en el follaje pueden alterar los procesos fisiológicos de las plantas lo que puede causar una reducción en los rendimientos del cultivo.

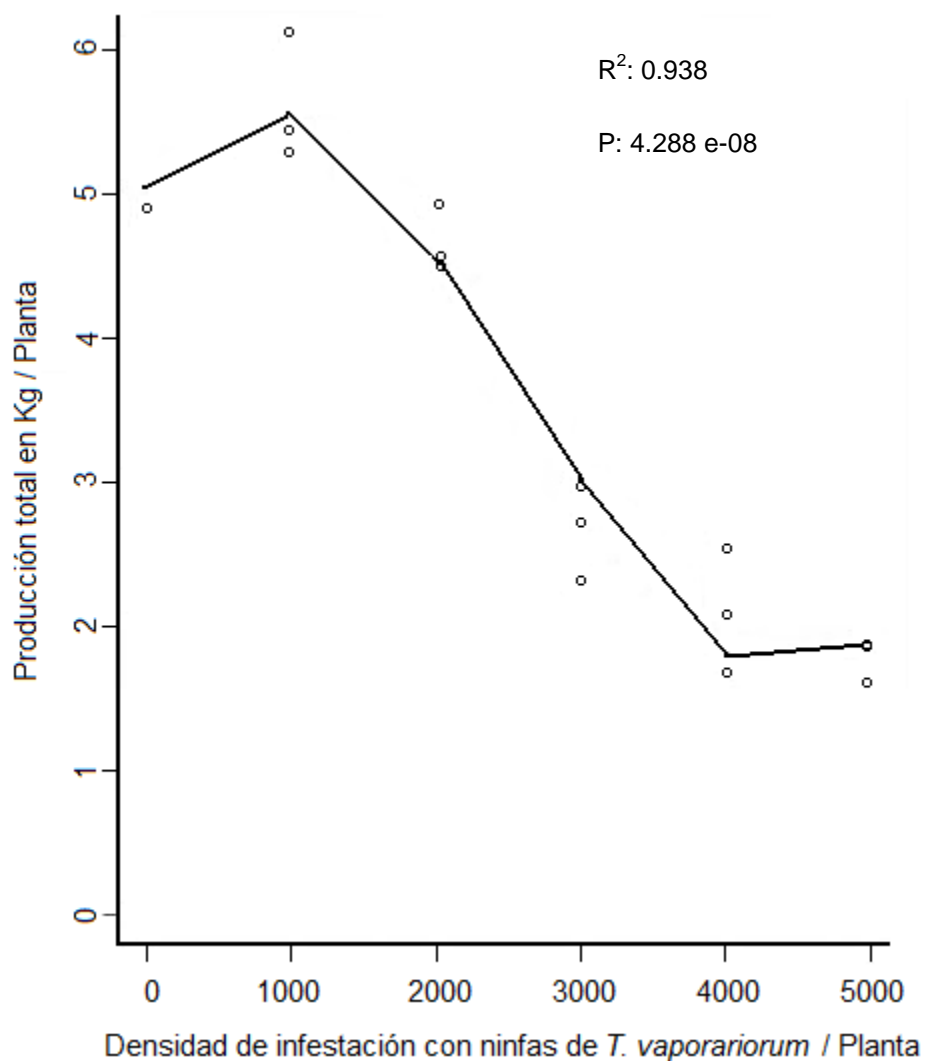


Figura 21 Producción total en kg/planta en las diferentes densidades de infestación.

Por otro lado, la mayor densidad de infestación mostró una relación directamente proporcional con la presencia de fumagina sobre las estructuras de la planta, encontrándose en las densidades iguales o superiores a 3000 ninfas/planta, hojas y frutos totalmente cubiertos de fumagina (Figuras 22 y 23.). La fumagina al cubrir la superficie de la hoja, bloquea la entrada de luz solar provocando una reducción en la tasa fotosintética, lo que pudo ocasionar los bajos rendimientos en estas densidades (Inbar & Gerling 2008, López-Ávila 2008).

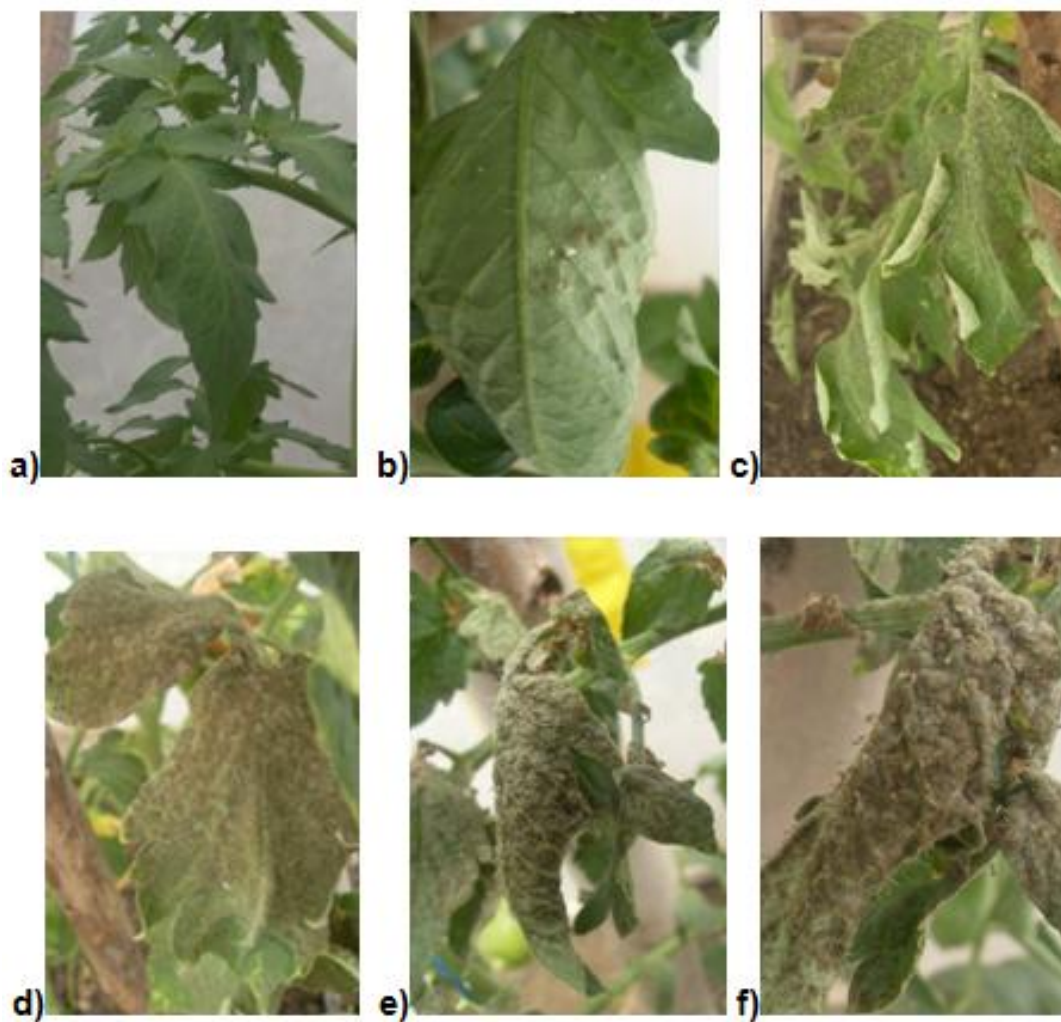


Figura 22. Daño en hojas por fumagina con **a)** 0, **b)** 1000, **c)** 2000, **d)** 3000, **e)** 4000 y **f)** 5000 ninfas de *T. vaporariorum*/planta.

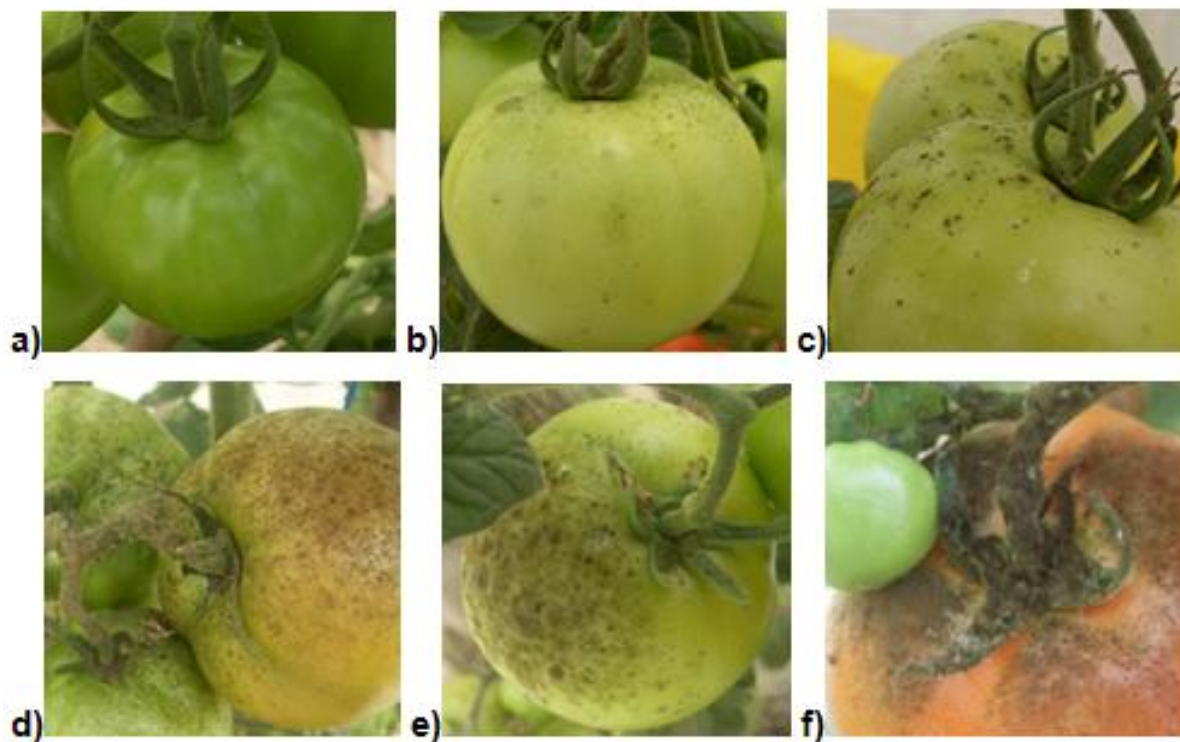


Figura 23. Daño en frutos por fumagina con **a)** 0, **b)** 1000, **c)** 2000, **d)** 3000, **e)** 4000 y **f)** 5000 ninfas de *T. vaporariorum*/planta.

El número de frutos producidos también varió con las diferentes densidades de infestación encontrando mayor producción de frutos con mejor calidad (Extra y primera) en densidades de infestación iguales o menores a 2000 ninfas planta (Fig. 24).

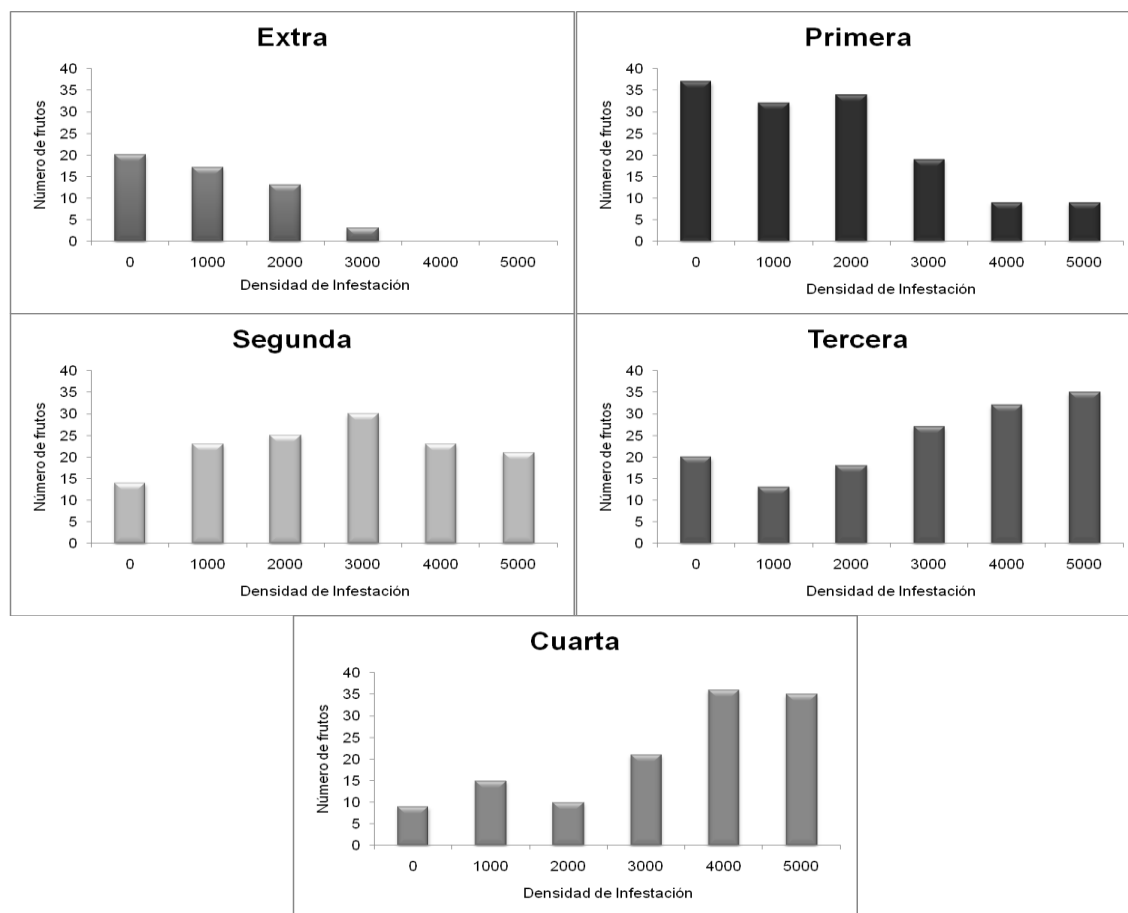


Figura 24. Número total de frutos producidos por clasificación del fruto en cada una de las densidades de infestación con ninfas de *T. vaporariorum* evaluadas.

Los frutos de tomate son comercializados en el mercado dependiendo de su calidad, siendo los frutos de calidad Extra, Primera y Segunda los de mayor preferencia y valor comercial (Corabastos 2011). Al observar la figura 24 y 25 notamos que para las densidades de 0, 1000 y 2000 ninfas /planta, la mayor producción tanto en peso como en número se registró con frutos de las mejores calidades, mientras que en las densidades de 3000, 4000 y 5000, más del 50% de la producción se ubicó en calidades de bajo valor comercial.

De igual forma se observó en las densidades de infestación con 4000 y 5000 ninfas de *T. vaporariorum*/planta, que el número de frutos producidos no coincidió con la producción en peso, encontrando que el mayor número de frutos fue de las calidades tercera y cuarta (Fig. 24), pero la mayor producción en peso se logró con las calidades segunda y tercera (Fig. 25).

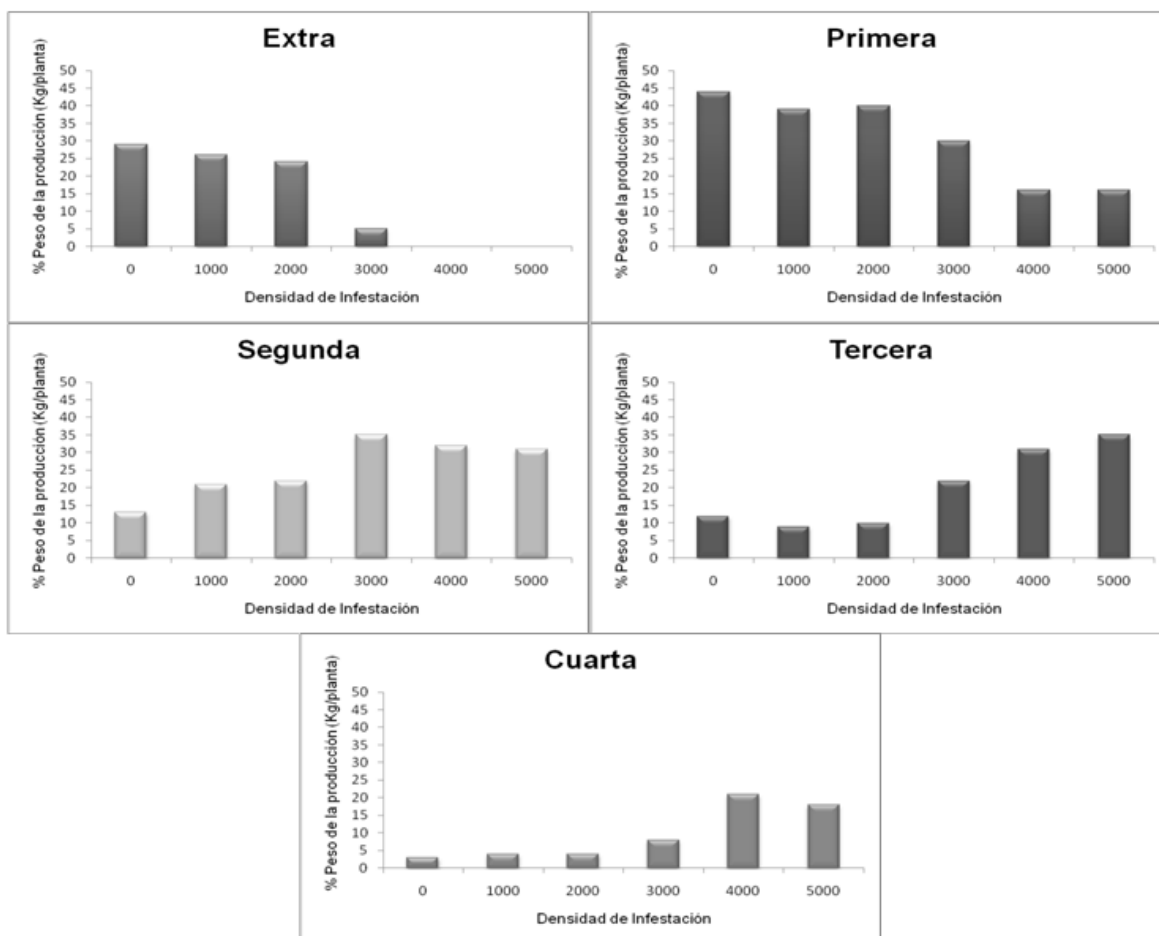


Figura 25. Porcentaje del peso total de la producción por clasificación del fruto en cada una de las densidades de infestación con ninfas de *T. vaporariorum* evaluadas.

Criterios para la liberación de *Encarsia formosa* con base en el concepto de umbral económico, para el control efectivo de poblaciones de *Trialeurodes vaporariorum* en cultivos comerciales de tomate.

Con el fin de estandarizar las condiciones para optimizar el uso de *E. formosa* en el control biológico de la mosca blanca, y su viabilidad a nivel comercial, se analizó la fluctuación de los precios del tomate larga vida, evaluando los precios desde enero de 2004 hasta octubre de 2011, registrados en la corporación de abasto de Bogotá CORABASTOS (CCI 2011) (Fig. 26), con el fin de conocer el valor promedio comercial y los valores más bajos que se han alcanzado, para evaluar que tan viable es implementar

el control biológico con *E. formosa*, teniendo en cuenta que el periodo productivo del cultivo se puede presentar en cualquier época del año.

Se encontró que el valor comercial más bajo del tomate larga vida, registrado durante este periodo, fue de \$669/Kg, el más alto \$2346/Kg y que en promedio se presenta un valor comercial de \$1507/Kg.

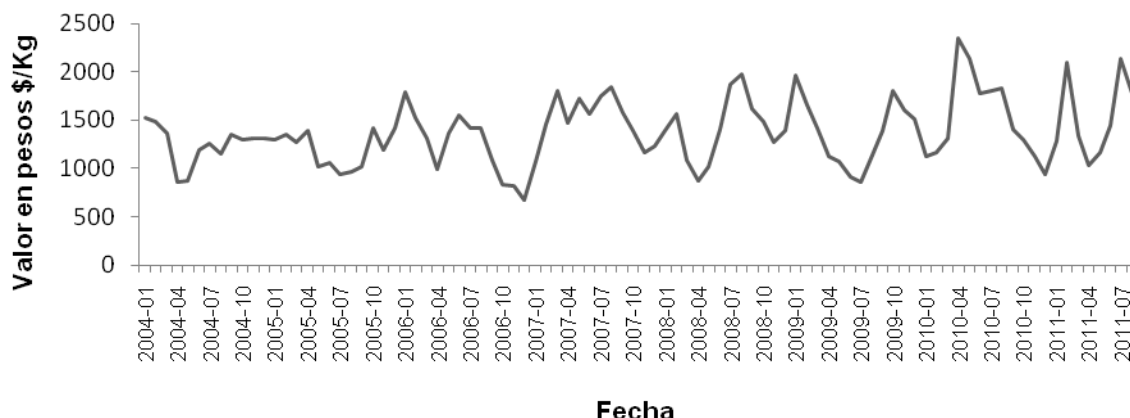


Figura 26. Precio del tomate larga vida \$/Kg desde enero de 2004 a agosto de 2011.

Teniendo en cuenta, que en el Manejo Integrado de Plagas y por ende el control biológico, están basados en la premisa que ciertos niveles de la plaga son tolerados, el manejo de umbrales se vuelve una pieza clave para conocer la cantidad de daño y la densidad de la plaga que es tolerable en un cultivo específico (Tang & Cheke 2008, Peterson & Hunt 2003).

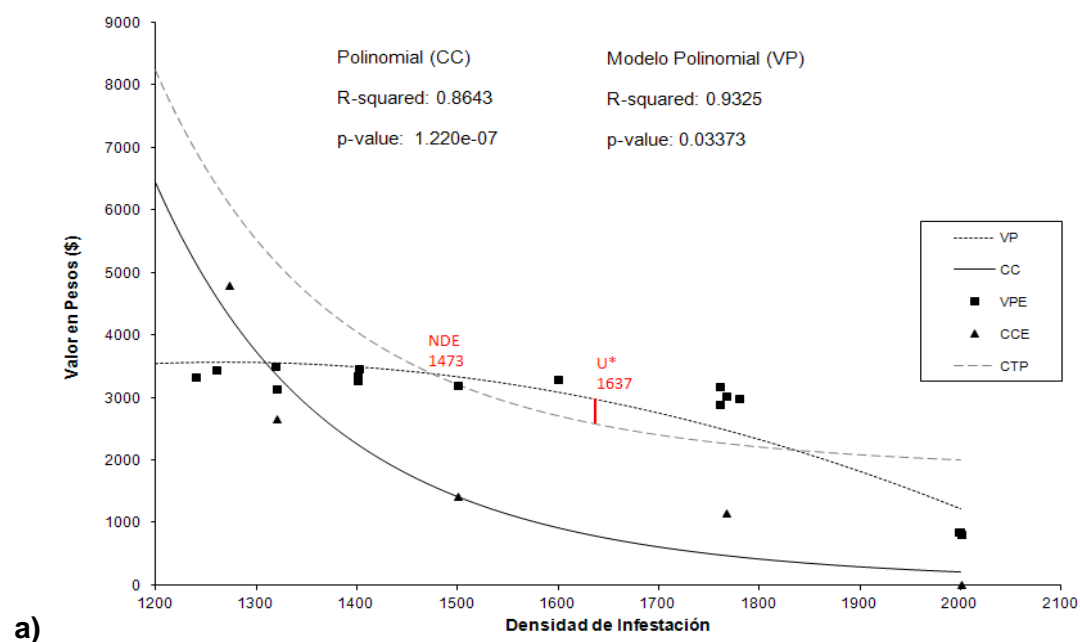
Teniendo en cuenta lo anterior, y con el fin de evaluar la viabilidad del control biológico de la mosca blanca con *E. formosa*, se decidió evaluar dos escenarios teniendo en cuenta el valor comercial del tomate. El primer escenario con un bajo valor comercial del tomate (\$500/kg) y el segundo con un valor comercial promedio (\$1500/Kg).

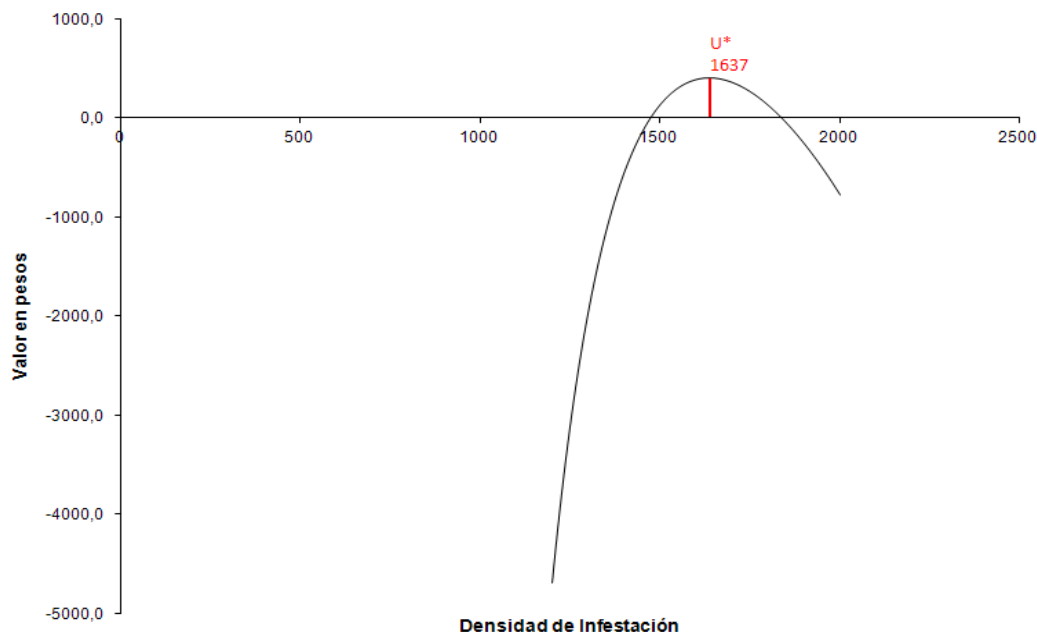
El Umbral (U^*) se determinó siguiendo la metodología propuesta Rosset (1991), calculando la diferencia entre el valor de la producción y el costo del control (Fig 27 b y 28 b). Los datos del valor de la producción se ajustaron mediante la ecuación polinomial de segundo orden $VP=a + bx + cx^2$, en donde a: -3560, b: 11,23, c: -0,00442 y x: Numero de

ninfas. Los datos del costo de la producción se ajustaron mediante la ecuación $CC = a \cdot x^b$, en donde a : $6.399e+24$, b : $-6.819e+00$ y x : Numero de ninfas.

Se encontró que para obtener una mayor rentabilidad, con un bajo valor comercial del tomate (\$500/Kg), se debe permitir una densidad máxima de 1637 ninfas/planta. De igual forma se estimo que el nivel de daño económico (NDE) es de 1473 ninfas/planta y que no es rentable realizar control con *E. formosa* en densidades menores a esta o superiores a 1830 ninfas/planta, cuando se presenta un bajo valor comercial del tomate (\$ 500/Kg) (Fig. 27a).

Teniendo en cuenta el costo total de la producción (CTP), el costo de control con *E. formosa* (CC) y el valor de la producción (VP), se obtendría en promedio una ganancia de \$400/planta (Fig. 27b).





b)

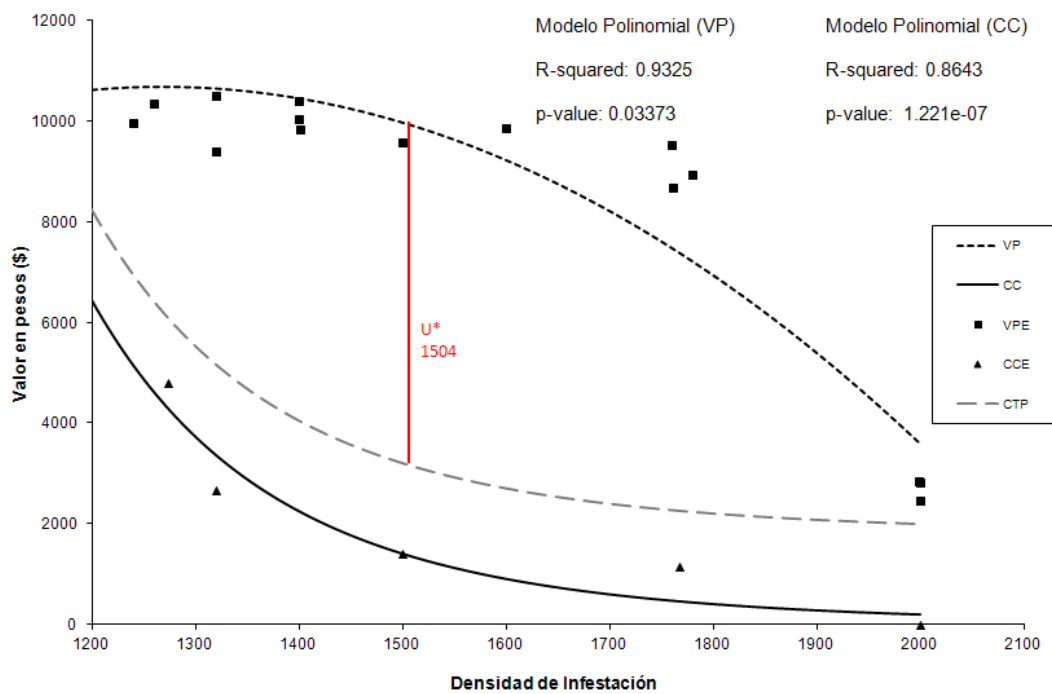
Figura 27. a) Análisis económico del costo de control (CC) con *E. Formosa*, costo total de la producción (CTP) y el valor de la producción (VP) en las densidades de 1200 a 2000 ninfas de *T. vaporariorum*/planta, cuando se presenta un bajo valor comercial. **b)** Diferencia entre el valor de la producción y el costo de control con *E. formosa*

Para el segundo escenario, con un valor comercial promedio del tomate (\$1500/Kg), los datos del valor de la producción se ajustaron mediante la ecuación polinomial de segundo orden $VP=a + bx + cx^2$, en donde a: -10680, b: 33,69, c: -0,01328 y x: Numero de ninfas. Los datos del costo de la producción se ajustaron mediante la ecuación $CC= a * (x^b)$, en donde a: 6,399E+24, b: -6,819y x: Numero de ninfas.

Se encontró que es rentable realizar control con *E. formosa* en densidades desde 1200 a 2000 ninfas/planta, logrando una mayor rentabilidad al realizar el control sobre 1504 ninfas/planta. En este caso el NDE se sitúa en densidades menores a 1200 ninfas/planta (Fig. 28a).

Teniendo en cuenta el costo de la producción total (CPT) y el valor de la producción a nivel comercial con un precio promedio alto, se obtendría una ganancia aproximada de \$6500/planta (Fig. 28b).

De igual forma hay que tener en cuenta que estos valores varían debido a que durante el ciclo productivo del tomate se puede presentar fluctuaciones importantes en el valor comercial como se observa en la Figura 26.



a)

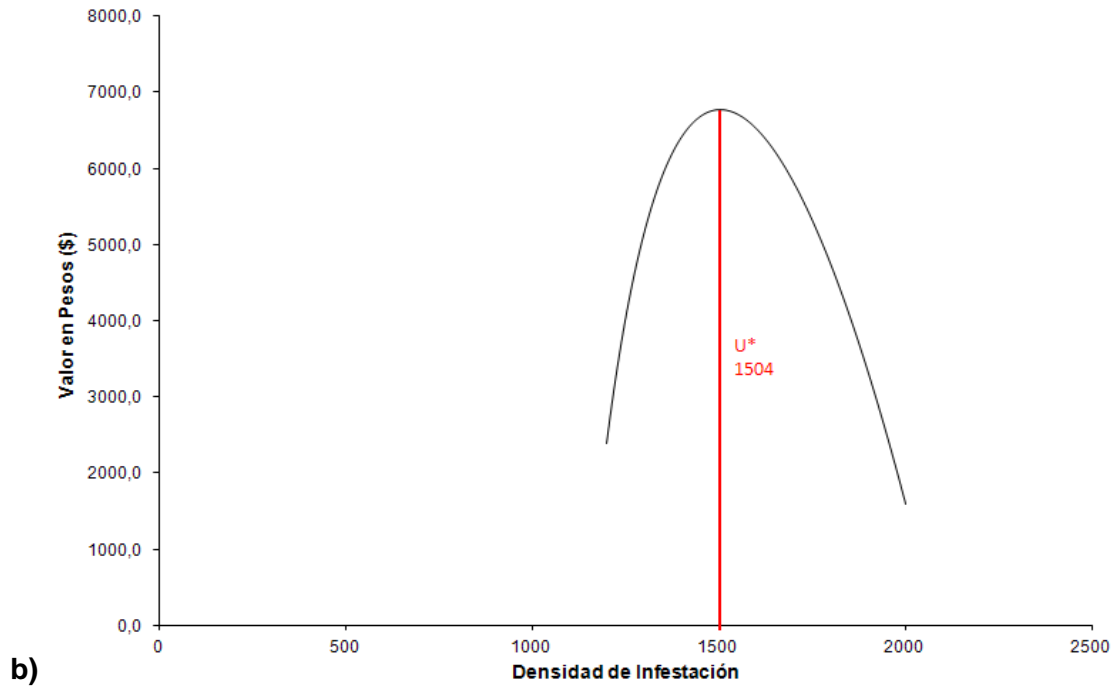


Figura 28. a) Análisis económico del costo de control (CC) con *E. formosa* y el valor de la producción (VP) en las densidades de 1200 a 2000 ninfas de *T. vaporariorum*/planta, cuando se presenta un valor comercial promedio. **b)** Diferencia entre el valor de la producción y el costo de control con *E. formosa*

Al evaluar las densidades de liberación de *E. formosa*, se encontró que el máximo porcentaje de control registrado fue de 45%, el cual se presentó al liberar 1 avispa de *E. formosa* por cada 13 ninfas de tercer instar de *T. vaporariorum*, coincidiendo este valor con la respuesta funcional reportada por López & Botto (1995) (Tabla 3).

Estos porcentajes de parasitación tienden a aumentar en el tiempo, a medida que se establece *E. formosa* en el cultivo, como lo reporta Aragón *et al* (2008), quienes registran porcentajes de parasitación de 77,1% a los 77 DDL.

Tabla 3. Porcentajes de parasitación de *E. formosa* con diferentes densidades de liberación sobre ninfas de *T. vaporariorum*.

Cantidad de adultos de <i>E. formosa</i> /Ninfas <i>T. vaporariorum</i>	PROMEDIO PORCENTAJE DE PARASITISMO
1 / 5	36
1 / 9	34
1 / 13	45
1 / 17	25
1 / 21	12
1 / 0	0

6. CONCLUSIONES

Al establecer las condiciones para optimizar el control biológico de la mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* con *E. formosa*, se evaluó el daño causado por diferentes densidades de ninfas de *T. vaporariorum*, encontrando que las plantas de tomate reducen significativamente su producción al ser sometidas a más de 2000 ninfas/planta. Sin embargo, al evaluar el umbral económico, se encontró que para lograr una mayor rentabilidad, se debe permitir una densidad máxima de 1637 ninfas/planta y para el control de esta densidad de infestación, se debe liberar 1 parasitoide/13 ninfas de *T. vaporariorum*.

7. RECOMENDACIONES

- Establecer una correlación entre el monitoreo directo e indirecto que permita a los agricultores una fácil estimación de la densidad de *T. vaporariorum*.
- Evaluar la curva de daño de *T. vaporariorum* en plantas con diferentes estado de desarrollo.
- Desarrollar un modelo de simulación que permita evaluar el umbral en el contexto de diferentes condiciones agroecológicas.

8. REFERENCIAS

- Abad M, Aldanondo A, Argerich C, Caballer V. 2001. El cultivo del tomate. Primera edición: 15 – 793.
- Alma C R, Goettel M S, Roitberg B D, Gillespie D R. 2007. Combined effects of the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* Apopka-97, and the generalist predator, *Dicyphus hesperus*, on whitefly populations. *BioControl* 52: 669-681.
- Angarita M, Díaz A, Escobar M. 2007. Evaluación del efecto de *Bauveria bassiana*, *Lecanicillium lecani* y dos extractos (Ajo-Ají y Ajo) sobre el control de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*, insecto plaga del cultivo de habichuela *Phaseolus vulgaris*. Principios de sistemas agrforestales y avances en la protección fitosanitaria en el departamento de Santander, Colombia:39-48
- Aragón S, Rodríguez D, Cantor F. 2008. Criterios de liberación de *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en tomate. *Agronomía Colombiana* 26 (2): 275 – 282.
- Bedoya Y C, Ramos A A, Zamorano C. 2007. Moscas blancas del tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) en el departamento de Caldas. *Agron.* 15(2): 59 – 65.
- Birkett M A, Chamberlain K, Guerrieri E, Pickett J A, Wadhams L J, Yasuda T. 2003. Volatiles from whitefly-infested plants elicit a host-locating response in the parasitoid *Encarsia formosa*. *Journal of Chemical Ecology*. 29 (7): 1589 - 1600
- Bueno A, Bueno R, Fernández O. 2006. Resposta fisiológica das plantas de soja e tomate à injúria causada pela mosca branca *Bemisia tabaci* raça B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Open Journal Systems. Ecosystema* 30 (2).
- Bueno J M, Cardona C, Chacón P. 2005. Fenología, distribución espacial y desarrollo de métodos de muestreo para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) em habichuela y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Colomb. Entomol.* 31 (2): 161 – 169.

- Butin G D, Gilbertz D A, Oetting R D. 1993. Chlorophyll loss and gas exchange in tomato leaves after feeding injury by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of Economic Entomology. 86: 517-522.
- Cardona C, Rodríguez I, Bueno J, Tapia X 2005. Biología y manejo de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en habichuela y frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Castañé C, Zapata R. 2005. Rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus* on a meat-based diet. Biological control. 34 (1): 66-72.
- Choi W I, Lee E H, Choi B R, Park H M, Ahn Y J. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 96 (5): 1479 – 1484.
- De Vis R M J, van Lenteren J C. 2008. *Amitus fuscipennis*, an alternative to the biological control of *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia formosa*?. Bulletin of Insectology 61(2):313-325.
- De Vis R M J, Méndez H, van Lenteren J C. 2003. Comparison of foraging behavior, interspecific host discrimination, and competition of *Encarsia formosa* and *Amitus fuscipennis*. Journal of Insect Behavior. 16 (1): 117 – 152.
- Donnell D M, Hunter M S. 2002. Developmental rates of two congeneric parasitoids, *Encarsia formosa* and *E. pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae), utilizing different egg provisioning strategies. Journal of Insect Physiology. 48: 487 – 493.
- Espinel C, Lozano M D, Villamizar L, Grijalba E, Cotes A M. 2008. Estrategia MIP para el control de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en melón y tomate. Rev. Colomb. Entomol. 34 (2): 163 – 168.
- García J, Benítez E R, López-Ávila A. 2007. Efecto de la densidad de población de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) sobre la eficiencia del depredador *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae). Revista Corpoica- Ciencia y Tecnología Agropecuaria 8 (2): 17 -21.

- Hernández M I, Chailloux M, Moreno V, Ojeda A, Salgado J M, Guerrero O. 2009. Relaciones nitrógeno potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*. 44 (5): 429 - 436.
- Higley L, Pedigo L. 1996. Economic thresholds for integrated pest management: 41, 42
- Hilje L. 1996. Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. Cap.1 y 2: 1- 21.
- Hoddle M S, van Driesche R G, Sanderson J P. 1998. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 645- 669.
- Inbar M, Gerling D. 2008. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores and natural enemies. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 431-448.
- Jones D R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology* 109 (3): 195 - 219.
- Lebreton S, Darrouzet E, Chevrier C. 2009. Could host considered as low quality for egg-laying be considered as high quality for host- feeding?. *Journal of Insect Physiology*. 55: 694 – 699.
- Lee K, Chung S, Kim H. 2004. Effectiveness of Bionatrol on the control of two – spotted spider mites (*Tetranychus urticae*), aphid (*Aphis gossypii*), and whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) on greenhouse grown cucumber (*Cucumis* spp, KASA).
- Lee R. 2000. Cultivo de tomate bajo invernadero. Centro de investigaciones y asesorías agroindustriales Universidad Jorge Tadeo Lozano y COLCIENCIAS: 37-40
- Linares H. 2004. El cultivo de Tomate en Invernadero: 46 – 54
- López-Ávila A. 2008. Biología y control biológico de las moscas blancas. Experiencias control biológico: 1 – 10.
- López S N, Botto E N. 2005. Effect of cold storage on some biological parameters of *Eretmocerus corni* and *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biological Control*. 33:123-130.

López S N, Botto E N. 1995. Efecto de la disponibilidad del huésped sobre algunos parámetros biológicos de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Vedalia* 2: 35-38.

López S N, Viscarret M M, Botto E N. 1999. Selección de la planta hospedera y ciclo de desarrollo de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) sobre zapallito (*Cucurbita maxima* Duch.; Cucurbitales: Cucurbitaceae) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.; Tubiflorales: Solanaceae). *Bol. Sa. Veg. Plagas*: 25: 21-29.

Lourenção A, Alves A, Fugi C, Matos E. 2008. Outbreaks of *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Hemiptera: Aleyrodidae) under field conditions in the state of São Paulo, Brazil. *Scientific Note. Neotropical Entomology* 37 (1): 89-91.

Lucas E, Alomar O. 2002. Impact of the presence of *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) on whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) predation by *Macrolophus caliginosus* (Wagner) (Heteroptera: Miridae). *Biological control* 25 (2): 123-128.

Luczynski A, Nyrop J P, Shi A. 2007. Influence of cold storage on pupal development and mortality during storage and on post-storage performance of *Encarsia formosa* and *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biological Control*. 40: 107-117.

Luppinchini B, Ripa P, Larral P, Nuñez S, Rodríguez E. 2008. Manejo de Plagas en paltos y cítricos: Mosquitas blancas: 111- 122.

Manzano M R, van Lenteren J C 2009. Life history of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) at different environmental conditions on two bean cultivar. *Neotropical Entomology* 38 (4): 452-458.

Mckee G, Zalom F, Goodhue R. 2007. Management and yield impact of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) on California Strawberries. *HortScience* 42 (2): 280-284.

Netting J F, Hunter M S. 2000. Ovicide in the whitefly parasitoid, *Encarsia formosa*. *Animal behavior*. 60: 217- 226.

Nuez F. 1999. El cultivo del tomate. Capítulo 11. Las plagas. Primera Edición. España: 401 – 403.

Park M K, Kim J G, Song Y H, Lee J H, Shin K, Cho K. 2009. Effect of nitrogen levels of two cherry tomato cultivars on development, preference and honeydew production of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Asia- Pacific Entomology. 12: 227-232.

Pedigo L P, Rice M E. 2006. Entomology and pest management. Chapter 7. Economic decision levels for pest populations. Fifth Edition: 247-278

Peterson R, Hunt T. 2003. The Probabilistic Economic Injury Level: Incorporating Uncertainty into Pest Management Decision-Making. J. Econ. Entomol. 96(3): 536-542.

Pilkington L J, Messelink G, van Lenteren J C, Le Mottee K. 2010. “Protected biological control” – Biological pest management in the greenhouse industry. Biological Control 52 (3): 216 – 220.

Roermund H J W, van Lenteren J C, Rabbienge R. 1997. Biological control of greenhouse whitefly with the parasitoid *Encarsia formosa* on tomato: An individual-based simulation approach. Biological control. 9: 25-47.

Rosset P. 1991. Umbrales económicos: Problemas y perspectivas. Manejo Integrado de Plagas. 19: 26 – 29.

Soto A, Estay P, Apablaza J. 2002. Parasitismo de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) en ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). Cien. Inv. Agr. Vol. 29 (3): 153 – 157.

Soto A, Norero A, Apablaza J, Estay P. 2001. Requerimientos térmicos para el desarrollo de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) criado en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). Cienc. Inv. Agr. Vol. 28 (2): 103-106.

Stouthamer R, Mak F. 2002. Influence of antibiotics on the offspring production of the *Wolbachia*- infected parthenogenetic parasitoid *Encarsia formosa*. Journal of Invertebrate Pathology 80: 41 -45.

Tang S, Cheke R A. 2008. Models for integrated pest control and their biological implications. *Mathematical Biosciences* 215: 115-125.

Vallejo F A. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Capítulo XI. Agronomía del tomate: 143-180.

van Roermund H J W, van Lenteren J C, Rabbinge, R. 1997. Analysis of foraging behavior of the whitefly parasitoid *Encarsia Formosa* on a leaf: A simulation study. *Biological control*. 8(1): 22 – 36.

van Roermund H J W, van Lenteren J C. 1995. Residence times of the whitefly parasitoid *Encarsia Formosa* Gahan (Hym. Aphelinidae) on tomato leaflets. *Journal of Applied Entomology*. 119: 465 – 471.

van Roermund H J W, van Lenteren J C. 1992. Life history parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*. *Agricultural University*. 92(2).

Wackers F L, van Rijn P C J, Heimpel G E. 2008. Honeydew as a food source for natural enemies: Making the best of a bad meal?. *Biological control*, 45: 176- 184.

Zanié K, Goreta S, Perica S, Sutié J. 2008. Effects of alternative pesticides on greenhouse whitefly in protected cultivation. *J Pest Sci*. 81: 161-166.

WEB

CCI. Corporación Colombiana Internacional. 2011. www.cci.org.co

Corabastos. 2011. Listado de precios.
http://www.corabastos.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=84

SNE. 2007. Colombia abre exportaciones de tomate a Costa Rica. Presidencia de la Colombia. http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2007/abril/03/01032007.htm